

УДК 519.71

ОРГАНИЗАЦИЯ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ПО ДИСКРЕТНЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ

Сафронова М.А.

Тульский государственный университет

В практике управления сложными социально-экономическими и потенциально опасными объектами существует множество динамических систем, для которых важнейшим является принцип быстрого реагирования. Его реализация обуславливает наличие жестких временных ограничений на весь комплекс процедур, включающий формирование целей управления, генерацию альтернатив, их всесторонний анализ и выбор наилучшего решения. Компромиссом, обеспечивающим уменьшение времени при увеличении обоснованности решений, является включение в контур управления систем поддержки принятия решений (СППР). При разработке СППР группой экспертов реализуется когнитивный подход, создается база знаний, содержащая заранее подготовленные и проанализированные сценарии целесообразного поведения лица принимающего решения (ЛПР) для полного множества возможных ситуаций, в которых может оказаться управляемый объект или процесс.

В реальной жизни менеджеры повседневно встречаются с необходимостью принятия решений, когда еще нет достаточно адекватной модели управляемого процесса или объекта. В этом случае наиболее приемлемым оказывается ситуационный анализ и управление по его результатам. Ситуационный анализ различных объектов управления (ОУ) целесообразно начать с определения полного множества ситуаций. В соответствии с системным подходом, входными будем называть те управляемые параметры $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, $m = 1, M$, которые могут целенаправленно изменяться с помощью определенных регулирующих органов. Входными неуправляемыми параметрами назовем параметры $U = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$, $k = 1, K$ характеризующие состояние и отражающие воздействие окружающей среды на функционирование управляемого объекта (процесса). В качестве выходных параметров используются величины, которые могут быть измерены (мощность, скорость, доход, прибыль, и т.п.) с помощью измерительной системы, либо вычислены по какой-либо совокупности теоретических зависимостей (математической модели). Обозначим множество выходных характеристик (параметров) как $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, $n = 1, N$. Для реальных объектов и процессов характерно наличие ограничений на их предельные значения, отсутствие полного математического описания модели, существенное влияние случайных возмущений в окружающей среде на функционирование ОУ. Этим объясняется невозможность использования детерминированных методов теории управления и применение эвристических подходов, одним из которых является ситуационное управление.

В случае выхода значений выходных параметров за допустимые пределы должна решаться оптимизационная задача ввода в допустимую область. При этом вследствие инерционности ОУ управления достижение поставленной цели часто невозможно осуществить единым управленческим решением. Этот процесс приходится реализовывать как многошаговый процесс дискретного ситуационного управления, в ходе которого определяют такие значения управляемых параметров x' , при которых значения выходных показателей приближаются и удерживаются в допустимых границах. При этом возникает задача определения целесообразных стратегий

управления на каждом шаге. Её предлагается решать на основе инкрементно-декрементной модели управления.

Разделим управленческие решения на стратегические и тактические и примем, что процедура принятия решения инициируется в определенные дискретные моменты времени t . Под стратегическим решением будем понимать выбор наилучшей альтернативы, подобно тому как это понимается в теории игр. Альтернативой будем считать дискретное изменение значения управляемого параметра x_m в сторону увеличения, либо уменьшения, которую будем для краткости называть управленческим действием. Для выбора наилучшей стратегии предлагается применить идеи ситуационного анализа и управления текущим состоянием с использованием сигнатурных моделей. При этом примем, что ситуация характеризуется совокупностью знаков (сигнатур) изменения значений выходных показателей $p_n \in P$ и неуправляемых параметров $u_k \in U$. Для идентификации и кодирования ситуаций с применением двоичной системы с каждым параметром p_i свяжем две тенденции T_j и T_{j+1} . Индекс j отражает разряд кода ситуации, используемый для указания на то, что j -тая тенденция присутствует в описании ситуации, когда он принимает значение "1", или отсутствует, если j -тый разряд кода имеет значение "0".

Целесообразность перехода к описанию ситуаций, как совокупности тенденций изменения выходных показателей и неуправляемых параметров системы, объясняется следующими моментами. Во-первых, возникающей возможностью обеспечения анализа полного множества ситуаций. Во-вторых, тем, что менеджера при принятии управленческих решений интересуют не только и не столько конкретные значения выходных показателей управляемого объекта, сколько направление изменения их значений в сторону увеличения или уменьшения. Для формирования стратегии управления важно оценить не столько значение выходного показателя, сколько направление его изменения. Нетрудно доказать, что при описании ситуации как совокупности тенденций полное множество ситуаций зависит от числа параметров и ограничивается значением $3^{(N+K)}$, если N - суммарное число выходных показателей управляемого объекта, а K - число параметров окружающей среды.

Если далее тенденции изменения параметров разделить на подмножества позитивных и негативных относительно цели управления, то каждая ситуация, в которой окажется объект, может характеризоваться определенной совокупностью позитивных и негативных тенденций. Очевидно, что управление будет тем целесообразнее, чем больше негативных тенденций оно нейтрализует или ослабит и чем больше позитивных тенденций оно вызовет.

Рассмотрим методику разработки и использования инкрементно-декрементной модели. Предлагаемая модель является отражением реакции объекта управления на управляющие воздействия, которая реализуется в виде совокупности процедур. Первой процедурой является идентификация ситуаций. Для этого необходимо определить цель проведения ситуационного анализа и в соответствии с целью разделить множества выходных показателей и неуправляемых параметров внешней среды на позитивные и негативные.

Формирование матрицы кодов ситуаций S является следующим этапом. Матрица составляется с применением двоичного кодирования (подобно тому, как кодируется в двоичной системе натуральный ряд целых чисел). Каждая строка s_i матрицы S является кодом, единичные значения разрядов которого характеризуют ситуацию и отражают наличие соответствующих сигнатур изменений параметров P и U .

Следующая процедура ситуационного анализа, в нашем случае, предполагает ранжирование ситуаций. Для этого в соответствии с определенной целью g множество T разделяется на подмножества T^+, T^-, T^H так, что T^+ - включают позитивные для достижения цели g тенденции (сигнатуры); T^- - содержит негативные тенденции; T^H - объединяет нейтральные в отношении достижения цели g тенденции. Для каждой $T_j \in T^+$ экспертом определяется весовой коэффициент α_j в диапазоне $[0, +1]$. Аналогично для каждой $T_j \in T^-$ определяется весовой коэффициент β_j в диапазоне $[0, -1]$ и для каждой $T_j \in T^H$ весовой коэффициент равен нулю. На основе матрицы кодов C и весовых коэффициентов α, β, γ формируется вектор V и с его помощью определяется ранг l -той ситуации $r_l = \sum_{j=1}^{2N} v_j \times c_{lj}$. Используя значение r_l , все допустимые ситуации ранжируются по степени предпочтения для достижения цели g . Затем определяется множество регулируемых параметров X и на их основе формируется кортеж управляющих действий D . Определив множество управляющих воздействий, экспертом или группой экспертов формируется дискретная ситуационная модель управляемого процесса. Она представляется матрицей $W (2M \cdot 3^K, 2N) = [w_{umj}]$, строка матрицы отражает появление сигнатур состояния объекта, вызванных управленческим действием $d_m \in D$ и изменением совокупности неуправляемых параметров U , зафиксированных в момент времени t .

Следующим этапом будет процесс моделирования множества возможных переходов H_l^g на основе матрицы W . Каждый элемент $h_{lm} \in H_l^g$ отражает ожидаемый переход объекта из ситуации c_l в ситуацию c_{lum}^{t+1} при выполнении действия $d_m \in D$ (индексы l, u, m отражают соответственно текущую ситуацию, возмущение в окружающей среде и управленческое действие). Соответственно ранг ожидаемого состояния r_{lum} будет равен рангу ситуации, в которую должен произойти переход при действии d_m . Моделирование всех действий в ситуации c_l позволяет, определить множество возможных переходов H_l^g , осуществлять их анализ и выбор допустимых d_m^+ . Для этого из множества H_l^g выбираются допустимые и формируется множество альтернативных допустимых управленческих действий $a_l^g = \{d_{lm}^+\}$. При этом d_{lm}^+ определяется из условия: если $r_{lu} \leq r_{lum}$, то $d_{lm} = d_{lm}^+$, если $r_{lu} > r_{lum}$, то $d_{lm} = d_{lm}^-$.

Из множества допустимых альтернативных действий d_{lm}^+ в каждой l -ой ситуации формируется подмножество допустимых альтернатив и выбирается наилучшая альтернатива, обеспечивающая переход к ситуации с максимальным r_{lum} . Итерационное повторение процедуры анализа переходов позволяет сформировать стратегию для достижения цели, как множество наилучших альтернатив для каждой возможной ситуации.

Идея предлагаемого алгоритма заключается в сравнении прогнозируемого состояния объекта по инкрементно-декрементной модели при выборе определенного действия на объект с реальной реакцией объекта на предложенное действие.

После принятия стратегического решения определяется тактика его реализации. Задача тактического управления – сделать систему управления такой, чтобы при наличии информации о текущих значениях P и U добиться таких значений P , которые устраивают ЛПР и адекватно отражают приближение к

заданным целям функционирования системы. Для этого надо определить некоторую зависимость вида $\Delta x_m = \Phi(\Delta P, U)$.

Предлагается осуществлять тактическое управление в три этапа.

Этап 1. Установление корреляционных связей между ΔP , U , Δx_m с использованием информации о девиациях выходных показателей, влияющих на изменения параметра x_m , при функционировании объекта управления.

Для осуществления тактического управления используются базовые методы многомерного статистического анализа - корреляционного и регрессионного анализа. Исходной для корреляционного анализа является матрица девиаций (1) при функционировании объекта управления:

$$\begin{pmatrix} \Delta x_{1m} & \Delta p_{11} & \dots & \Delta p_{1N} & u_{11} & \dots & u_{1k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta x_{jm} & \Delta p_{j1} & \dots & \Delta p_{jN} & u_{j1} & \dots & u_{jk} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta x_{xm} & \Delta p_{x1} & \dots & \Delta p_{xN} & u_{x1} & \dots & u_{xk} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Для определения значимости частных и парных коэффициентов корреляции используется t-критерий Стьюдента.

Этап 2. Построение уравнения регрессии вида:

$$\Delta \tilde{x}_m = \Phi(\Delta P, U) = \beta_0 + \sum_k \beta_k \cdot u_k + \sum_n \beta_n \cdot \Delta p_n + \sum_{k,n \leq k} \beta_{kn} \cdot u_k \cdot \Delta p_n$$

Используя метод наименьших квадратов и информацию по $\Delta x_m, \Delta P, U$ находим вектор оценок коэффициентов регрессии $\bar{\beta} = \{\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k, \beta_{k+1}, \dots, \beta_{kn}\}$.

Этап 3. Нахождение величины входного воздействия.

Если по результатам стратегического управления x_m необходимо увеличить, то целевая функция примет вид: $\Delta x_m = \Phi\{\Delta P, U\} \rightarrow \max$, а если уменьшить, то - $\Delta x_m = \Phi\{\Delta P, U\} \rightarrow \min$. $\{dP_{\min}\} \leq \{\Delta P\} \leq \{dP_{\max}\}$ - ограничения на целевую функцию. Поиск экстремума функции осуществляется одним из методов линейной оптимизации.

Таким образом, предложенная методика предназначена решать задачи, традиционно относящиеся к классу задач динамического программирования. При этом целесообразные управленческие действия удастся формировать по простому правилу: управление целесообразно, если его применение увеличивает интенсивность или порождает позитивные тенденции и уменьшает интенсивность и (или) нейтрализует негативные тенденции изменения выходных параметров P .

Для реализации предлагаемой методики на кафедре “Автоматизированных информационных и управляющих систем” Тульского государственного университета разработана универсальная интеллектуальная система “СПРИНТ”. Её работоспособность апробирована при создании систем управления пожароопасными и взрывоопасными объектами, системы ситуационного управления финансовым состоянием кредитных организаций (работа выполнена в рамках гранта Министерства образования РФ), системы ситуационного управления финансовым состоянием промышленного предприятия, системы ситуационного управления процессом реабилитации пациентов с аллергическими заболеваниями.